



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 334 173**

51 Int. Cl.:  
**F16C 35/073** (2006.01)  
**F16C 25/08** (2006.01)  
**F16C 19/36** (2006.01)  
**F16C 19/52** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07812409 .6**  
96 Fecha de presentación : **28.06.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2035722**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.03.2009**

54 Título: **Cojinete de rodillos cónicos con nervio desplazable.**

30 Prioridad: **30.06.2006 US 817708 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.03.2010**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.03.2010**

73 Titular/es: **The Timken Company**  
**1835 Dueber Avenue S**  
**Canton, Ohio 44706-0930, US**

72 Inventor/es: **Fox, Gerald P. y**  
**Burner, Bruce C.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Cojinete de rodillos cónicos con nervio desplazable.

5 **Campo técnico**

La invención se refiere en general a cojinetes de rodillos cónicos y, más en particular, a cojinetes de rodillos cónicos que tienen nervios desplazables que compensan los diferenciales térmicos, ya un procedimiento para controlar el posicionamiento en los cojinetes.

10 **Técnica anterior**

Un cojinete de rodillos cónicos, en su forma más simple, posee una copa (anillo de rodadura externo) que está típicamente acoplada a un alojamiento, un cono (anillo de rodadura interno) que está típicamente acoplado sobre un eje, y rodillos cónicos (elementos rodantes) organizados en una fila única entre la copa y el cono. La copa y el cono tienen superficies de rodadura ahusadas, con las que contactan los rodillos a lo largo de sus caras laterales cónicas. Adicionalmente, el cono tiene en el extremo grande de su superficie de rodadura, un nervio de empuje contra el que apoyan las caras extremas grandes de los rodillos, y evita que los rodillos sean expulsados del espacio anular entre las superficies de rodadura. El nervio de empuje forma parte integral del cono y no puede ser desplazado con respecto al cono.

Un cojinete de rodillos cónicos de fila única, tiene la capacidad de soportar o transferir cargas radiales, y también cargas axiales, en una dirección axial. Un sistema de cojinete compuesto por dos cojinetes de rodillos cónicos de fila única, montados en oposición, transferirá no solo cargas radiales, sino también cargas axiales en ambas direcciones axiales, y de ese modo restringirá que el mismo gire tanto radialmente como axialmente. Cuando están montados en oposición, los cojinetes pueden adoptar ya sea una configuración indirecta, o ya sea una configuración directa. En la configuración indirecta, los extremos pequeños de los rodillos de un cojinete son presentados hacia los extremos pequeños de los rodillos del otro cojinete. En la configuración directa, los dos cojinetes tienen orientación opuesta. Con independencia de la configuración de montaje, los cojinetes pueden ser ajustados en una posición deseada cambiando solamente uno de los anillos de rodadura de cualquier cojinete axialmente. La posición puede tener varios grados de juego extremo, en la que existan holguras dentro de los cojinetes, o varios grados de precarga, que se caracteriza por la ausencia de holguras y la rigidez dinámica incrementada para el eje de rotación. Otra condición del contacto línea-con-línea, citada con frecuencia como juego extremo cero, es difícil de mantener. Se prefiere una precarga ligera, pues demasiada precarga puede dañar los cojinetes.

Suponiendo que los dos cojinetes estén montados en configuración indirecta, y que el eje y los conos se eleven de temperatura por encima de la temperatura del alojamiento y de las copas, la expansión térmica diferencial entre el eje y los conos, por una parte, y la copa y el alojamiento, por otra parte, produce dos disrupciones contrapuestas en las posiciones de los cojinetes. En primer lugar, la expansión radial del eje tiende a reducir o eliminar la precarga ligera. Por otra parte, la expansión radial de los conos tiende a incrementar la precarga. La cantidad en la que una prevalece sobre la otra, depende de la expansión axial entre los cojinetes, del diámetro de los conos, y de los ángulos de las superficies de rodadura. Generalmente hablando, la expansión radial es la que más compensa la expansión axial, y la que hace que los cojinetes adquieran una mayor precarga.

Con los cojinetes montados directamente, tanto la expansión axial como la expansión radial contribuyen a incrementar la precarga.

Expuesto de una manera algo diferente, los cojinetes de rodillos cónicos generan fuerzas de reacción axial interna debido a los ángulos de las superficies de rodadura. Esto significa típicamente que se utiliza un par de cojinetes de rodillos cónicos de fila única en oposición, de modo que cada una de las fuerzas axiales puede ser anulada contra la otra. También, esto permite que el par de cojinetes porte cargas externas en cualquier dirección de aplicación. En la instalación, se requiere un ajuste de posición axial cuidadoso y preciso de cada una de las pistas de rodadura opuestas en relación con la otra. Este proceso se denomina posicionamiento de cojinete, y produce cualquiera de entre juego extremo, contacto de línea-con-línea, o precarga.

Mientras que es deseable una precarga ligera para un par de cojinetes de rodillos cónicos de fila única montados en oposición, demasiada precarga resulta perjudicial. La expansión térmica diferencial entre los conos y las copas y el eje y el alojamiento a los que están acoplados respectivamente, pueden producir una precarga excesiva. Esta precarga puede:

- reducir la vida del cojinete
- incrementar el ruido y la vibración del cojinete
- incrementar el calor generado en el cojinete
- incrementar el par torsor del cojinete

- incrementar el deterioro del lubricante del cojinete
- incrementar el esfuerzo de contacto del rodillo
- 5 • incrementar el deterioro de la jaula

Hasta ahora, se han realizado esfuerzos por compensar la expansión térmica diferencial en sistemas de cojinete que tienen cojinetes de fila única opuestos. Esto conlleva instalar un anillo de compensación que tenga un alto coeficiente de expansión térmica, por detrás de una de las cuatro superficies de rodadura del sistema. La expansión térmica del anillo de compensación compensa generalmente la expansión térmica diferencial experimentada en otro caso por el sistema de cojinete, de modo que el sistema se mantiene dentro de tolerancias aceptables. Véase la Patente U.S. 5.028.152. Otro esfuerzo incluye controlar la posición del nervio de empuje en uno de los cojinetes con un fluido hidráulico a presión. Véase la Patente U.S. 3.716.280.

## 15 Sumario de la invención

La invención reside en un cojinete de compensación que tiene rodillos cónicos organizados en una fila entre superficies de rodadura de sección trapezoidal, estando la posición axial de los rodillos y el posicionamiento del sistema, del que forma parte el cojinete, controlados por medio de un nervio que se desplaza desde una posición operativa normal por medio de un anillo de compensación que tiene un alto coeficiente de expansión térmica, de modo que controla el posicionamiento del cojinete. La invención reside también en un procedimiento para controlar el posicionamiento de un cojinete con el anillo de nervio desplazable y con el anillo de compensación.

## 25 Descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en sección de un sistema de cojinete intercalado entre un eje y un alojamiento, y dotado de un cojinete de compensación construido de acuerdo con, y que materializa a, la presente invención;

la Figura 2 es una vista semi-seccionada, a mayor escala, del cojinete de compensación;

la Figura 3 es un gráfico que representa la vida del sistema de cojinete y la condición operativa para el sistema de cojinete como una función o diferencial de temperatura en el sistema de cojinete;

la Figura 4 muestra gráficos que representan condiciones operativas del anillo de compensación y del sistema de cojinete durante la elevación de temperatura y el enfriamiento;

las Figuras 5-8 son vistas en sección fragmentaria de conjuntos de compensación modificados para el cojinete de compensación del sistema de cojinete;

la Figura 9 es una vista en sección fragmentaria de un conjunto de compensación que contiene un anillo de compensación que tiene capuchones extremos, y

la Figura 10 es una vista en sección fragmentaria de un conjunto de compensación que contiene anillos de compensación que tienen pernos de conductividad para incrementar la transferencia de calor hacia el, o hacia fuera del, anillo de compensación.

## Descripción detallada de los mejores modos de llevar a cabo la invención

Haciendo ahora referencia a los dibujos, existe un sistema de cojinete entre un alojamiento 2 y un eje 4 para permitir que uno gire en relación con el otro en torno a un eje X. Por ejemplo, el alojamiento 2 puede permanecer fijo y el eje 4 puede girar en el mismo. Por otra parte, el eje 4 puede tener forma de vástago fijo en torno al cual gira el alojamiento 2, en cuyo caso el alojamiento 2 puede ser un buje. El sistema de cojinete A incluye dos cojinetes anti-fricción, a saber un cojinete 6 de rodillos cónicos de fila única de diseño convencional, y otro cojinete 8 de rodillos cónicos de fila única configurado para compensar la expansión térmica diferencial entre el alojamiento 2 y el eje 4, así como entre los componentes de los propios cojinetes 6 y 8, un cojinete de compensación por así decirlo. Los dos cojinetes 6 y 8 están montados en oposición para transferir cargas radiales entre el alojamiento 2 y el eje 4, y cargas axiales (empuje) en ambas direcciones axiales también. El sistema A según se ha ilustrado, tiene los cojinetes 6 y 8 montados en configuración indirecta. Éstos pueden, con pequeñas modificaciones, ser montados en configuración directa. Además, el cojinete 6 podría adoptar forma de cualquier otro cojinete anti-fricción, tal como un cojinete de bolas de contacto angular diseñado para transferir tanto cargas radiales como axiales, o podría ser incluso otro cojinete de compensación como es el cojinete 8.

En el cojinete 6 convencional, el alojamiento 2 posee un asiento 12 de cojinete interno, y un escalonamiento 14 en el extremo del asiento 12. El eje 4 tiene un asiento 16 de cojinete de compensación que conduce a otro escalonamiento 18. En el cojinete 8 de compensación, el alojamiento 2 tiene otro asiento 20 interno y escalonamiento 22. Aquí, el eje 4 tiene otro asiento 24 externo que conduce a una rosca 26 externa. Separando los dos rodamientos 6 y 8, alrededor del eje 4, se encuentra un separador 28 de cono.

## ES 2 334 173 T3

Al ser un cojinete de rodillos cónicos de fila única de diseño convencional, el cojinete 6 tiene una copa 32 dotada de una superficie de rodadura 34 de sección trapezoidal, un cono 36 dotado de una superficie de rodadura 38 de sección trapezoidal que conduce hasta un nervio 40 de empuje que forma parte integral del cono 36, y rodillos 42 cónicos que están situados entre la copa 32 y el cono 36 donde ruedan a lo largo de las superficies de rodadura 34 y 38 con sus caras extremas grandes contra el nervio 40 de empuje. En efecto, el nervio 40 de empuje impide que los rodillos 42 se levanten de las superficies de rodadura 34 y 38, y sean expelidos del espacio anular entre las mismas. La copa 32 se acopla en el asiento 12 interno del alojamiento 2 y contra el escalonamiento 14, el cual sirve para fijar su posición axial. El cono 36 se acopla sobre el asiento 16 externo, sobre el eje 4 y con su extremo grande contra el escalonamiento 18, el cual fija su posición axial. El separador 28 de cono apoya contra el extremo pequeño del cono 36.

El cojinete 8 de compensación incluye (Figuras 1 y 2) una copa 48 que se acopla en el alojamiento 2, un conjunto 50 de compensación que se acopla sobre el eje 4, y rodillos 52 cónicos organizados en una fila única entre la copa 48 y el conjunto 50 de compensación. La copa 48 puede ser convencional. Como tal, posee una superficie de rodadura 54 de sección trapezoidal que es presentada por el interior hacia el eje X, y una cara posterior 56 que es perpendicular al eje X. La copa 48 se acopla en el asiento 20 interno del alojamiento 2 con ajuste entre piezas, y con su cara posterior 56 contra el escalonamiento 22 en el extremo del asiento 20. Los rodillos 52 cónicos son también convencionales, y los mismos se extienden en una fila única a lo largo de la superficie de rodadura 54 de la copa 48, donde están también soportados por el conjunto 50 de compensación. En efecto, el conjunto 50 de compensación controla la posición axial exacta de los rodillos 52 a lo largo de la pista de rodadura 54 de la copa, y a su vez controla el posicionamiento del sistema de cojinete A.

El conjunto 50 de compensación está acoplado sobre el asiento 24 de cojinete, sobre el eje 4, entre el separador 28 de cono y una tuerca 58 que está roscada sobre la rosca 26 externa, en el extremo del asiento 24 de cojinete. Este incluye (Figura 2) un cono 60 sin nervio, y un separador 62 de empuje que se acopla sobre el asiento 24 de cojinete donde son afianzados apretadamente entre sí, entre el separador 28 de cono y la tuerca 58. Adicionalmente, el conjunto 50 de compensación tiene un anillo 64 de nervio desplazable que está situado, en general, alrededor del cono 60 y del separador 62 de empuje, un resorte 66 de empuje que empuja al anillo 64 de nervio contra el cono 60, y un anillo 68 de compensación térmica que ejerce una fuerza contra el anillo 64 de nervio en oposición a la fuerza ejercida por el resorte 66, pero solamente después de que la temperatura del conjunto 50 de compensación exceda de su temperatura de funcionamiento normal en una cantidad preestablecida.

El cono 60 sin nervio se acopla sobre el asiento 24 de cojinete del eje 4 con un ajuste predeterminado. Este posee una superficie de rodadura 70 de sección trapezoidal, que se presenta por el exterior hacia fuera del eje X y hacia la superficie de rodadura 54, y que está inclinada en la misma dirección que la pista de rodadura 54 de la copa. Los rodillos 52 cónicos están en el vértice, lo que significa que las envolventes cónicas en las que se extienden sus caras laterales y también las envolventes cónicas en las que se extienden las superficies de rodadura 54 y 70, tienen sus vértices en un punto común a lo largo del eje X. La superficie de rodadura 70 del cono 60 lleva hasta un saliente 72 convexo que a su vez conduce hasta una superficie 74 de tope que es perpendicular al eje X. El cono 60 tiene también una extensión 76 axial que se proyecta más allá de la superficie 74 de tope.

El separador 62 de empuje se acopla, de igual modo, sobre el asiento 24 de cojinete del eje 4 con un ajuste preestablecido, siendo el mismo afianzado apretadamente contra el cono 60 por medio de la tuerca 58 de bloqueo. Por un extremo, éste apoya contra la extensión 76 axial del cono 60. Por su extremo opuesto, posee una pestaña 78 que se proyecta radialmente hacia fuera, por detrás del anillo 64 de nervio. Entre la extensión 76 axial del cono 60 y la pestaña 78, el separador 62 de empuje posee una superficie 80 de soporte cilíndrica, sobre la cual se acopla el anillo 68 de compensación.

El anillo 64 de nervio desplazable se acopla de forma floja alrededor del cono 60 sin nervio y del separador 62 de empuje, donde tiene la capacidad de desplazarse una distancia corta. Este posee un nervio 82 axial que proporciona un orificio 84 piloto en el que se recibe el saliente 72 convexo del cono 60. En el extremo del orificio 84, posee una cara 86 del nervio contra la que apoyan las superficies extremas grandes de los rodillos 52 cónicos. De ese modo, el nervio 82, no solo impide que los rodillos 52 sean expulsados del espacio anular entre las superficies de rodadura 54 y 70, sino que también establece la posición axial de los rodillos 52 a lo largo de las superficies de rodadura 54 y 70. El orificio 84 piloto lleva hacia una superficie 88 extrema que apoya normalmente contra la superficie 74 de tope del cono 60. Por su extremo opuesto, el anillo 64 de nervio posee un nervio 90 radial dirigido hacia el interior, que rodea la superficie 80 de soporte cilíndrica del separador 62 de empuje. Entre la pestaña 90 y la superficie 88 extrema, es la superficie 92 de confinamiento cilíndrica la que rodea la extensión 76 axial del cono 60 y la superficie 80 cilíndrica del separador 62 de empuje, estando separada hacia el exterior de esta última para proporcionar una cavidad 94 anular. Existe una pequeña holgura entre la superficie 92 de confinamiento y la extensión 76 axial, y del mismo modo entre el nervio 90 radial y la superficie 80 de soporte cilíndrica, de modo que el anillo 64 de nervio puede moverse fácilmente sobre el cono 60 y el separador 62 de empuje.

El anillo 68 de compensación térmica ocupa gran parte de la cavidad 94 anular, estando soportado alrededor de la superficie 80 de soporte cilíndrica sobre el separador 62 de empuje, y confinado radialmente por la superficie 92 de confinamiento cilíndrica del anillo 64 de nervio. Incluso éste es más corto que la longitud de la cavidad 94. A este respecto, el extremo de la extensión 76 axial sobre el cono 60 forma un tope por un extremo de la cavidad 94, mientras que el nervio 90 radial del anillo 64 de nervio forma un tope por el extremo opuesto de la cavidad 94. Normalmente, cuando el anillo 68 de compensación se encuentra, por uno de sus extremos, contra uno de los topes, existe un espacio

de separación g entre el otro extremo del anillo 68 y el otro tope. El anillo 68 de compensación se ha formado a partir de un material que tiene un alto coeficiente ( $\alpha$ ) de expansión térmica, considerablemente más alto que el del acero con el que se han fabricado el cono 60, el separador 62 de empuje y el anillo 64 de nervio. Los materiales adecuados incluyen el caucho de fluorosilicio, el caucho buna-N, el caucho de apiclorhidrina, el caucho hypalon, y otros. El anillo 68 de compensación se acopla ajustadamente entre las superficies 80 y 92 cilíndricas del separador 62 de empuje y el anillo 64 de nervio, respectivamente, y como consecuencia, queda restringido radialmente. Cuando su temperatura se eleva, éste puede expandirse solo axialmente. El confinamiento tiene el efecto de incrementar el coeficiente lineal de expansión térmica en un factor de 3.

El resorte 66 de empuje está comprimido entre la pestaña 78 del separador 62 de empuje y el extremo del anillo 64 de nervio. El mismo empuja al anillo 64 de nervio contra el cono 60, sujetando normalmente los dos firmemente entre sí en la superficie 74 de tope sobre el cono 60, y la superficie 88 extrema sobre el anillo 64 de nervio. Típicamente, la fuerza es de 8 a 10 veces la fuerza ejercida normalmente por los rodillos 52 sobre la cara 86 de nervio del anillo 64 de nervio. De ese modo, el anillo 64 de nervio está asentado normalmente en un tope positivo contra el cono 60, siendo el tope proporcionado por la superficie 74 de tope del cono 60. Mientras que el resorte 66 de empuje representado es un resorte ondulado que tiene ondulaciones circunferenciales, éste puede adoptar otras formas, tal como una pluralidad de resortes de compresión separados a intervalos circunferenciales a lo largo de la pestaña 78, o un único resorte de compresión alrededor del separador 62 de empuje.

Durante la operación del sistema A de cojinete, las cargas radiales son transferidas entre el alojamiento 2 y el eje 4 a los dos cojinetes 6 y 8. Las cargas axiales en una dirección son transferidas a través del cojinete 6 convencional, y las cargas axiales en la otra dirección son transferidas a través del cojinete 8 de compensación. En el cojinete 6 convencional, tanto las cargas radiales como las cargas axiales son transferidas a través de los rodillos 42 a las superficies de rodadura 34 y 38 de la copa 32 y del cono 36, respectivamente. En el cojinete 6 convencional, los escalonamientos 14 y 16 contra los que apoyan la copa 32 y el cono 36, respectivamente, absorben las cargas axiales transferidas a través de ese cojinete 6. En el cojinete 8 de compensación, las cargas radiales y las cargas axiales son transferidas a través de los rodillos 52 cónicos a las pistas de rodadura 54 y 70 de la copa 48 y del cono 60, respectivamente. El escalonamiento 22 del extremo del asiento 20 de cojinete en el alojamiento 2, absorbe las cargas axiales aplicadas a la copa 48. La tuerca 58 que encaja con las roscas 26 del eje 4 y apoya contra el separador 62 de empuje, absorbe las cargas axiales aplicadas al cono 60. También, la tuerca 58, que reacciona contra las roscas 26, crea una condición de compresión axial en el separador 52 de empuje, el cono 60 sin nervio, el separador 28 de cono, el cono 36 convencional y el escalonamiento 18 de eje.

El cojinete 8 de compensación impide una precarga excesiva en el sistema A de cojinete, y esto alarga la vida del cojinete (Figura 3). Ello requiere la consideración de varias temperaturas. La primera es la temperatura ambiente del sistema A. Ésta representa la temperatura a la que se monta el sistema A, incluyendo su cojinete 8 de compensación. A esa temperatura, el sistema A puede existir en un estado de juego extremo o precarga ligera, pero todos los componentes están esencialmente a la misma temperatura. La siguiente es la temperatura operativa de estado estable. Ésta es la temperatura hasta la que sube el sistema 50 de compensación, y se mantiene durante el funcionamiento normal del sistema A. Típicamente, corresponde a la temperatura del eje 4 en el conjunto 50 de compensación, pero es menor que la temperatura de la copa 48 y de la región del alojamiento 2 en la que se acopla la copa 48. De ese modo, existe un diferencial de temperatura en el cojinete 8 de compensación cuando el conjunto 50 de compensación opera a su temperatura operativa de estado estable. El sistema A resulta más hermético, típicamente suponiendo una precarga ligera. El anillo 68 de compensación permanece inactivo a la temperatura operativa de estado estable en el sentido de que ésta no afecta a la posición del anillo 64 de nervio, debido a que existe el espacio de separación g en la cavidad 94, entre el separador 62 de empuje y el anillo 64 de nervio. A continuación existe la temperatura de punto de referencia térmica para el conjunto 50 de compensación. A esta temperatura, el conjunto 50 de compensación se mantiene por encima de la temperatura de la copa 48 y del alojamiento 2, incluso más. Además, a la temperatura de punto de referencia térmica, el anillo 68 de compensación térmica se ha expandido suficientemente como para rellenar completamente la cavidad 94, y está a punto de hacer retroceder al anillo 64 de nervio hacia fuera del cono 60. Más allá de la temperatura de punto de referencia térmica, el anillo 68 de compensación, por razones de una expansión adicional, sujeta el anillo 64 de nervio fuera del cono 60, y esto sirve para desplazar la cara 86 de nervio más lejos que la superficie de rodadura 70 de sección trapezoidal del cono 60, y reducir la precarga en los cojinetes 6 y 8. Varios estados operativos del sistema A de cojinete merecen ser discutidos.

## Estado Uno

### *Operación de Estado Estable a temperaturas por debajo de la temperatura del punto de referencia térmica*

1. La operación normal del sistema A de cojinete provoca una elevación de temperatura en el conjunto 50 de compensación, incluyendo el anillo 68 de compensación del cojinete 8 de compensación, por encima de la temperatura de la copa 48 para ese cojinete debida a las cargas normales, las velocidades y los pares de torsión esperados, hasta que se alcanza la temperatura operativa de estado estable esperada. Esto supone que el sistema A de cojinete no ha excedido nunca todavía el punto de referencia térmica del nervio, o bien que ha transcurrido tiempo suficiente para llevar a cero cualquier expansión inducida por inercia térmica.

2. La longitud del anillo 68 de compensación térmica es tal que deja un pequeño espacio de separación g, de modo que el efecto de la compensación térmica es cero por debajo de la temperatura de punto de referencia térmica.

## ES 2 334 173 T3

3. El resorte 66 de empuje se elige de modo que produzca de 8 a 10 veces la fuerza máxima de contacto normal entre los rodillos 52 y el nervio 82 axial del anillo 64 de nervio, de modo que el anillo 64 de nervio esté siempre asentado positivamente contra la superficie 74 de tope del cono 60. Esto garantiza que la operación del sistema A de cojinete, a la temperatura operativa de estado estable normal deseada, no sea diferente a la de un sistema de cojinete tradicional de rodillos cónicos.

Estado Dos

*Compensación térmica con temperatura incrementada por encima de la temperatura operativa de estado estable*

1. Durante el funcionamiento, las velocidades de eje o las cargas de aplicación mayores de lo esperado, pueden producir un calor de fricción añadido a partir del contacto entre la cara 86 de nervio del anillo 64 de nervio y las caras extremas grandes de los rodillos 52. También, el eje 4 puede conducir calor adicional a partir del contacto de los dientes de engranaje o de otras fuentes externas de generación de calor. Esto puede provocar que el cono 60 sin nervio, los rodillos 42, el anillo 64 de nervio móvil, el eje 4, el anillo 68 de compensación térmica, y el separador 62 de empuje (en resumen, el conjunto 50 de compensación), experimenten un incremento adicional de temperatura. La conductividad térmica del anillo 68 de compensación térmica es mucho más baja para los materiales, normalmente acero, del anillo 64 de nervio móvil, los rodillos 52, el cono 60, el eje 4 y el anillo 62 de empuje. Por consiguiente, se desarrolla un período corto de inercia térmica durante el que puede producirse un ligero incremento debido al coeficiente  $\alpha$  térmico lineal de expansión para estos materiales.

2. El anillo 68 de compensación térmica alcanza su nueva temperatura. Su coeficiente  $\alpha$  de expansión lineal térmica es considerablemente mayor que el de los otros materiales, y el anillo 68 se expande drásticamente.

3. Debido a que el material del anillo 68 de compensación térmica está restringido en cuanto a expansión radial, la expansión volumétrica que se produce se transforma casi totalmente en expansión axial, y es proporcional a 3 veces la expansión lineal, o  $3\alpha$ .

4. No se produce ningún efecto de compensación térmica, sin embargo, hasta que el material sube a una temperatura que permita que el anillo 68 de compensación se expanda completamente a través de la distancia g del espacio de separación. Esa temperatura es la temperatura de punto de referencia térmica. Esto provoca que el efecto térmico sea inhabilitado por debajo de la temperatura de punto de referencia térmica, dándole un efecto de activado-desactivado, así como una característica de temperatura proporcional. El diseño pasivo actúa de una forma que es algo más direccionada, casi como si fuera un control activo. El efecto neto es el de un limitador de precarga o un dispositivo de prevención de sobrecarga de cojinete.

5. Una vez que la distancia g del espacio de separación ha sido superada, la expansión volumétrica del anillo 68 de compensación térmica restringida empieza a ejercer fuerza axial, y continúa incrementándose hasta una fuerza suficiente para desalojar el anillo 64 de nervio móvil desde la superficie 74 de tope positivo del cono 60 según supera el anillo 68 la fuerza de empuje del resorte 66. El anillo 64 de nervio móvil y su nervio 82 axial se retraen, compensando así los efectos de expansión térmica en los materiales del cojinete 8 y del eje 4. (Figura 3). Sin embargo, el tamaño del espacio de separación g y la longitud del anillo 68 de compensación térmica determinan el valor de temperatura para el punto de referencia térmica del nervio, así como la forma (pendiente) del efecto de compensación.

a. O, Pendiente (pulgadas/grado F) =  $3 \times \alpha \times L$ , donde  $\alpha$  es coeficiente lineal de expansión térmica para el material del anillo 68 de compensación.

b. L es la longitud del anillo 68 de compensación térmica a la temperatura de referencia de la copa 48 y del alojamiento 2 montados, y son  $\alpha$  unidades (pulgadas/pulgada grado F);

c. Y, espacio de separación g (pulgadas) =  $3 \times \alpha \times L$  (temperatura de punto de referencia térmica - temperatura operativa de estado estable);

d. La temperatura de punto de referencia térmica y la temperatura operativa de estado estable, representan estados en los que existen diferencias de temperatura entre la temperatura de la copa 48 y el alojamiento 2, y la temperatura en el conjunto 50 de compensación y el eje 4. La ecuación anterior del espacio de separación utiliza la diferencia de temperatura entre estos dos estados que son, en sí mismos, valores diferenciales, y

e. El conjunto 50 de compensación no utiliza físicamente temperaturas diferenciales para activarse. El anillo 68 de compensación térmica responde simplemente a la entrada del flujo calor que, o bien recibe o bien pierde, desde o hasta su entorno circundante. No se puede saber si ese calor es debido a temperaturas diferenciales elevadas del cono 60 y del eje 4 en relación con la copa 48 y el alojamiento 2, o viceversa. La respuesta apropiada del conjunto 50 de compensación supone que la aplicación se entiende suficientemente bien como para determinar qué componentes del sistema A experimentarán un incremento de temperatura, de modo que se pueda obtener el control de precarga deseado.

Por lo tanto, la opción de la temperatura de activación del punto de referencia térmica del nervio, así como el grado de compensación térmica después de haber alcanzado el punto de referencia, se basa en las condiciones específicas

de una aplicación. También, para el funcionamiento normal del sistema A, el punto de referencia térmica puede ser cualquier diferencial de temperatura deseado por encima de la temperatura operativa de estado estable, para asegurar que la operación normal del sistema A de cojinete no se ve afectada en absoluto por el conjunto 50 de compensación.

## 5 Estado Tres

### *Compensación térmica con temperatura decreciente*

1. Una vez que las condiciones ya no existen en el sistema A de cojinete que originó el exceso de calor, el anillo 68 de compensación térmica empieza a enfriarse y a reducir el efecto de compensación térmica que ya no se requiere más, o que ya no es deseable. El conjunto 50 de compensación impide que el calor del cojinete incremente la precarga y se vuelva más severa (Figura 3), pero no elimina la causa raíz en cuanto a la producción de calor, tal como el incremento de velocidad o la carga externa o la fuente de calor externa. Puesto que para la mayor parte de los materiales de compensación térmica, la conductividad térmica es mucho menor que la de los materiales externos del conjunto 50 de compensación (típicamente acero), ocurrirá una condición de inercia térmica o histéresis térmica. Suponiendo que el proceso de enfriamiento sea suficientemente lento, la línea de posicionamiento operativo por enfriamiento seguirá muy de cerca la línea M de la Figura 4, y los efectos de inercia térmica sobre el posicionamiento del cojinete serán mínimos.

2. Para situaciones que den como resultado un enfriamiento realmente rápido del sistema A de cojinete, el enfriamiento del anillo 68 de compensación térmica experimentará una mayor inercia térmica respecto a los otros materiales (Figura 4). Esto podría provocar que el sistema A de cojinete opere durante un corto tiempo en una posición ligeramente más suelta que la deseada. La línea de posicionamiento operativo por enfriamiento que se producirá realmente, será como la línea N de la Figura 4. Sin embargo, si el punto de referencia del sistema fuera un establecimiento de precarga, la inercia térmica es parcialmente, o casi completamente, compensada por la precarga del sistema original. De ese modo, la precarga puede ser reducida temporalmente, pero el sistema A nunca puede introducir la condición de juego extremo en absoluto. En caso de que el sistema A introduzca el juego extremo, esto será solamente hasta que se restablezca el equilibrio térmico, en cuyo momento el sistema volverá de nuevo a la precarga de la condición operativa.

Son posibles variaciones del conjunto 50 de compensación para el cojinete 8 de compensación.

En un conjunto 100 de compensación modificado (Figura 5), el cono 60 sin nervio y el separador 62 de empuje están acoplados. A ese fin, la extensión 76 axial del cono se solapa con el extremo de la superficie 80 de soporte cilíndrica del separador 62 de empuje. Extendida a través de la extensión 76 de solapamiento y hacia el separador 62 de empuje subyacente, se encuentra una espiga 102, que tiene que ser insertada a través de un orificio 104 de paso del anillo 64 de nervio. La espiga 102, que es un elemento de acoplamiento, se proyecta hacia el orificio 104 para impedir que el anillo 64 de nervio gire contra el cono 60, aunque el orificio 104 de paso sea suficientemente grande como para permitir que el anillo 64 de nervio se desplace axialmente después de que se alcance la temperatura de punto de referencia térmica. El acoplamiento del cono 60 y del separador 62 de empuje, elimina la necesidad del separador 28 de cono.

Una variación adicional en forma de otro conjunto 110 de compensación modificado (Figura 6), puede ser desmontada fácilmente. A este fin, la pestaña 70 se sustituye por una arandela 112 de reserva y un anillo 114 de retención. La arandela 112 se acopla alrededor de la superficie 80 de soporte cilíndrica del separador 62 de empuje, mientras que el anillo 114 de retención se acopla en una ranura del separador 62 de empuje y hace que retroceda la arandela 112 de reserva. Además, donde se proyecta la espiga 102 hacia el orificio 104 de paso, se abre una ranura 116 desde el orificio 104, a través de la superficie 88 extrema del anillo 64 de nervio, de modo que la espiga 102 no interfiere con la retirada del anillo 64 de nervio sobre el separador 62 de empuje.

Todavía en otro conjunto 120 de compensación (Figura 7), el cono 60 y el separador 62 de empuje se han formado de manera integral, proporcionando un cono 122 sin nervio integrado. Su superficie 80 de soporte cilíndrica conduce hasta un escalonamiento 124 contra el que apoya un extremo del anillo 68 de compensación térmica. El conjunto 120 cuenta con una arandela 112 de reserva y con un anillo 114 de retención, para hacer retroceder al resorte 66 de empuje. Al igual que los conjuntos 100 y 110 de compensación, el conjunto 120 de compensación no requiere ningún separador 28 de cono para mantenerlo unido.

Todavía en otro conjunto 130 de compensación modificado (Figura 8), las superficies 74 y 88 que hacen tope normalmente sobre el cono 60 sin nervio y sobre el anillo 64 de nervio, respectivamente, están inclinadas formando un ángulo oblicuo con respecto al eje X, adoptando en efecto configuraciones troncocónicas centradas en el eje X. La inclinación de las superficies 74 y 88 centra el anillo 64 de nervio alrededor del cono 60 cuando las superficies 74 y 88 hacen tope, lo que ocurre durante la operación normal sobre el cojinete 8 a la temperatura operativa de estado estable. Como consecuencia, puede existir una mayor holgura entre el resalte 72 convexo del cono 60 sin nervio y la superficie del orificio 84 piloto del nervio 82 axial del anillo 64 de nervio. Solamente cuando el conjunto de compensación opera por encima de la temperatura de punto de referencia térmica, el anillo 64 de nervio puede descentrarse ligeramente, pero esto es aceptable durante la duración relativamente corta de la transición térmica cuando el conjunto 130 de compensación proporciona activamente compensación térmica. En lugar de una pestaña 78 integral para hacer retroceder el resorte 66 de empuje o una arandela 112 de reserva separada, el conjunto 130 de compensación

## ES 2 334 173 T3

utiliza una placa 132 de reserva separada que está sujeta contra el extremo del separador 62 de empuje con pernos 134 dispuestos en círculo de pernos.

5 Las superficies 74 y 88 de apoyo inclinadas del cono 60 y del anillo 64 de nervio del conjunto 130 de compensación, pueden ser utilizadas con cualquiera de los conjuntos 50, 100, 110 y 120 de compensación, y esto sigue siendo cierto también para la placa 132 de apoyo separada.

10 El anillo 68 de compensación térmica puede tener capuchones 140 extremos (Figura 9) unidos a sus extremos para evitar que algo del material elástico y flexible del anillo 68 sea extruido hacia las holguras entre la extensión 76 axial del cono 60 y la superficie 92 de confinamiento cilíndrica del anillo 64 de nervio, o sea extruido hacia la holgura entre la superficie 80 de soporte cilíndrica del separador 62 de empuje y el nervio 90 radial del anillo 64 de nervio. La mayor parte de los materiales a partir de los cuales se puede formar el anillo 68 de compensación térmica, tienen un alto coeficiente de fricción estática. Para ayudar a la capacidad para transformar la expansión volumétrica en expansión lineal mientras se reducen los esfuerzos de cizallamiento, el anillo 68 de compensación puede estar dotado, 15 sobre sus superficies de contacto con las superficies 80 y 92 cilíndricas del separador 62 de empuje y del anillo 64 de nervio, respectivamente, de un delgado recubrimiento o tratamiento de reducción de la fricción.

También, para permitir que el anillo 68 de compensación responda más rápidamente a cambios de temperatura, en particular a la temperatura que se eleva por encima de la temperatura de punto de referencia térmica, el anillo 68 de compensación puede estar dotado de pernos 144 y 146 de conductividad térmica (Figura 10), que se introducen telescópicamente en el interior del anillo 68 de compensación, y que tienen cabezas 148 que apoyan contra el cono 60 y contra el nervio 90 radial del anillo 64 de nervio, para transferir calor hacia el, o hacia fuera del, anillo 68 de compensación térmica. Los pernos 144 y 146 están formados a partir de un material de conductividad térmica relativamente alta, tal como acero inoxidable. 25

A la temperatura operativa de estado estable, el anillo 68 de compensación puede rellenar completamente la cavidad 94 entre la superficie de soporte del separador 62 de empuje y la superficie de confinamiento del anillo 64 de nervio. Con el conjunto de compensación configurado de esa manera, responde más rápidamente a las excursiones de temperatura por encima de la temperatura operativa de estado estable. Esto corresponde a una distancia de separación igual a cero, y a una temperatura de punto de referencia esencialmente igual a la temperatura operativa de estado estable. 30

La copa 48 puede estar formada integralmente con el alojamiento 2, en cuyo caso, su superficie de rodadura 54 forma una superficie del alojamiento 2. 35

40

45

50

55

60

65

# REIVINDICACIONES

1. Un cojinete de rodillos cónicos para su uso como uno de los dos cojinetes opuestos que pueden ser ajustados cada uno contra el otro a lo largo de un eje (X) hasta un posicionamiento deseado, comprendiendo dicho cojinete:

una copa (48), que tiene una superficie de rodadura (54) ahusada, presentada al interior hacia el eje (X);

un cono (60), que tiene una superficie de rodadura (70) ahusada presentada hacia fuera del eje y hacia la superficie de rodadura de la copa, y que tiene una superficie (74) de tope presentada formando un ángulo con respecto al eje;

un anillo (64) de nervio, situado opuestamente a la superficie de tope del cono, que tiene una cara (88) de nervio situada en el extremo grande de la superficie de rodadura del cono;

un resorte (66), que ejerce una fuerza que empuja al anillo de nervio hacia, y normalmente contra, la superficie (74) de tope del cono;

un anillo (68) de compensación térmica, posicionado de modo que ejerce sobre el anillo (64) de nervio una fuerza que se opone a la fuerza ejercida por el resorte (66) de modo que empuja el anillo (64) de nervio hacia fuera de la superficie (74) de tope del cono (60) cuando la temperatura del anillo (68) de compensación excede una temperatura de punto de referencia térmica, y

rodillos (52) cónicos, localizados entre, y en contacto con, las superficies de rodadura (54, 70) de la copa y del cono, y que tienen sus caras extremas grandes contra la cara de nervio del anillo de nervio.

2. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el anillo de compensación térmica se extiende entre un tope del anillo de nervio y un tope del cono; y en el que por debajo de la temperatura de punto de referencia térmica, existe un espacio de separación entre al menos uno de los topes y el anillo de compensación.

3. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una superficie de soporte se extiende axialmente desde el cono, y el anillo de nervio posee una superficie de confinamiento que circunda a la superficie de soporte, y

en el que el anillo de compensación está limitado radialmente por las superficies de soporte y de confinamiento.

4. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las superficies de soporte y de confinamiento son cilíndricas y paralelas con el eje.

5. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 3, y que comprende además un separador de empuje situado en una porción fija con respecto al cono, y que tiene un apoyo contra el que apoya el resorte, y

en el que la superficie de soporte está en el separador de empuje.

6. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el cono y el separador de empuje están acoplados.

7. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 6, en el que un elemento de acoplamiento se extiende a través del cono y del separador de empuje para acoplarlos.

8. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el cono y el separador de empuje están unidos integralmente formando un cono integral.

9. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el anillo de compensación es más corto que la distancia entre los topes cuando la temperatura del anillo de compensación está por debajo del valor preestablecido.

10. Un cojinete de rodillos típico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el cono tiene un saliente en el extremo grande de su superficie de rodadura, y el anillo de nervio tiene un nervio que circunda al saliente y que lleva la cara de nervio.

11. Un cojinete de rodillos cónicos de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie de tope está inclinada formando un ángulo oblicuo con respecto al eje, y el anillo de nervio posee una superficie extrema a lo largo de la cual apoya éste en la superficie de tope, estando la superficie extrema inclinada con un ángulo oblicuo similar respecto al eje.

12. Un procedimiento para evitar una precarga excesiva en un cojinete de rodillos cónicos que facilita la rotación alrededor de un eje (X), y que posee una copa (48) y un cono (60) dotados de superficies de rodadura (54, 70) ahusadas y rodillos (52) cónicos dispuestos en una fila entre las superficies de rodadura, comprendiendo dicho procedimiento;

## ES 2 334 173 T3

posicionar un anillo (64) de nervio en un extremo del cono, siendo el anillo de nervio axialmente desplazable con relación al cono, y teniendo una cara (88) de nervio en el extremo grande de la superficie de rodadura del cono;

empujar el anillo (64) de nervio hacia una posición operativa normal, y

con un anillo (68) de compensación formado a partir de un material que tiene un coeficiente de expansión térmica más alto que el material a partir del cual se han formado el cono (60) y el anillo (64) de nervio, empujar el anillo (64) de nervio hacia fuera del cono (60) cuando la temperatura del anillo (64) de nervio se eleve de modo que desplace la cara (88) de nervio hasta más allá de la superficie de rodadura del cono y reduzca la precarga en el cojinete.

13. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el anillo de compensación desplaza el anillo de nervio cuando la temperatura del anillo de compensación alcanza un valor más alto que la temperatura operativa de estado estable normal del cono y del anillo de nervio.

14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, y que comprende además limitar el anillo de compensación radialmente.

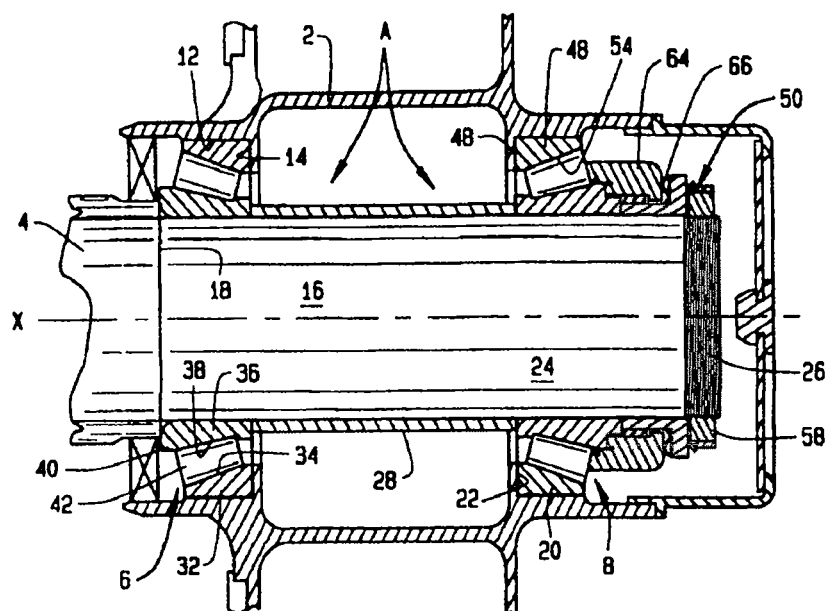


FIG. 1

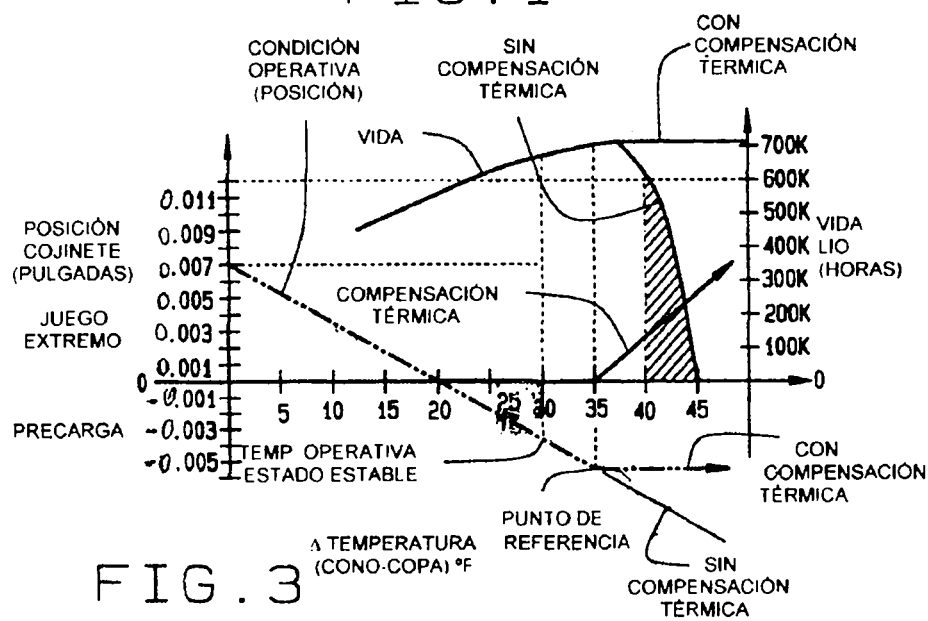
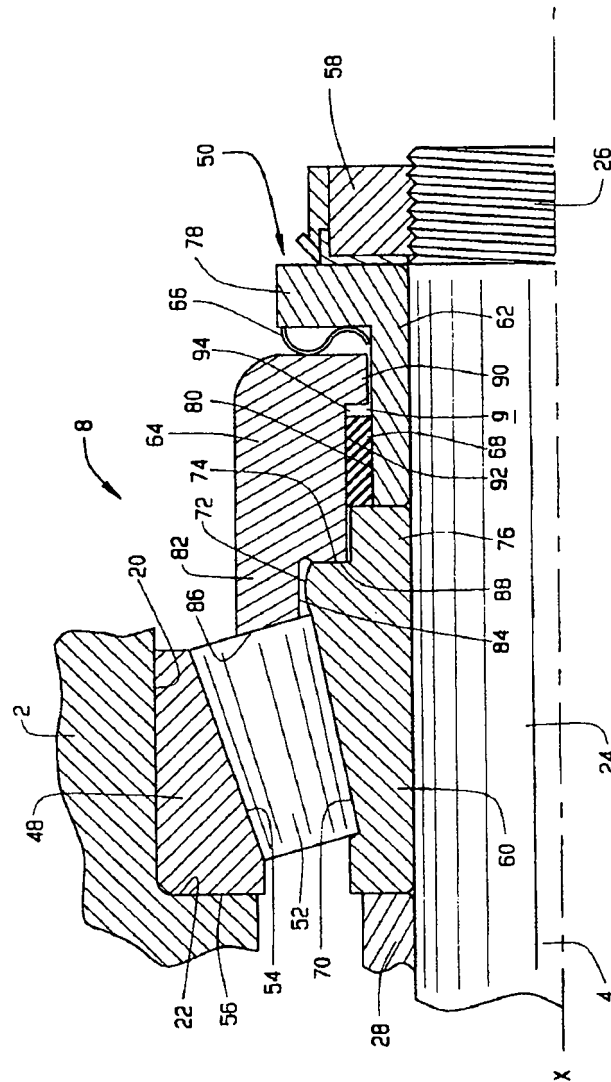


FIG. 3



2.  
G  
H  
L

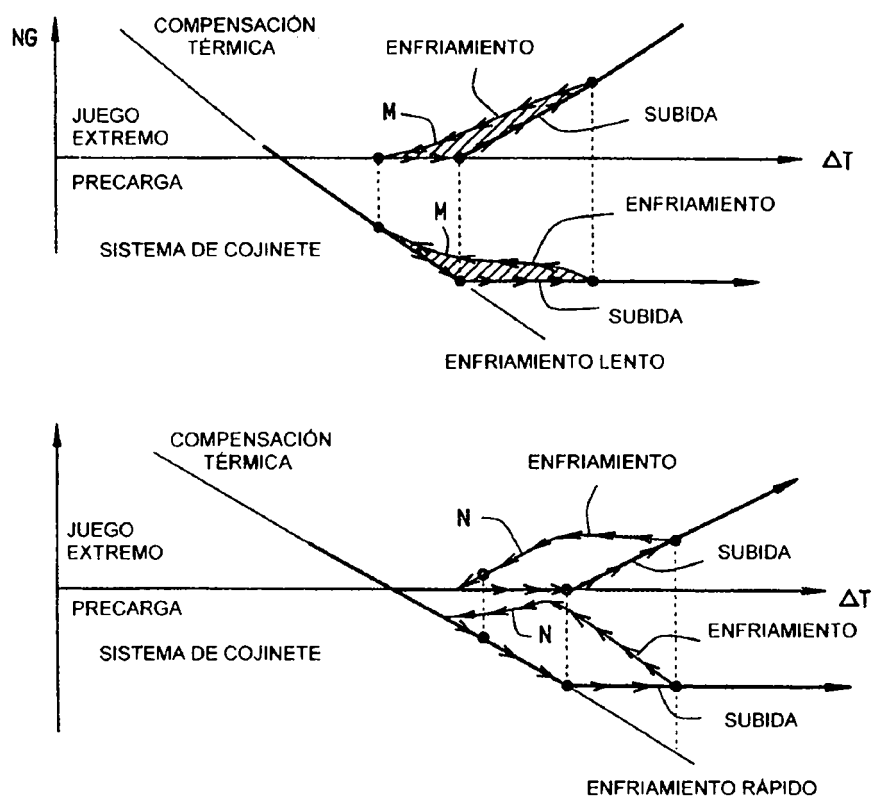


FIG. 4

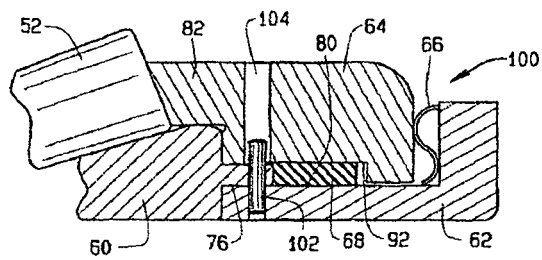


FIG. 5

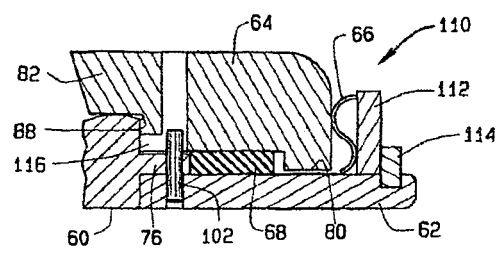


FIG. 6

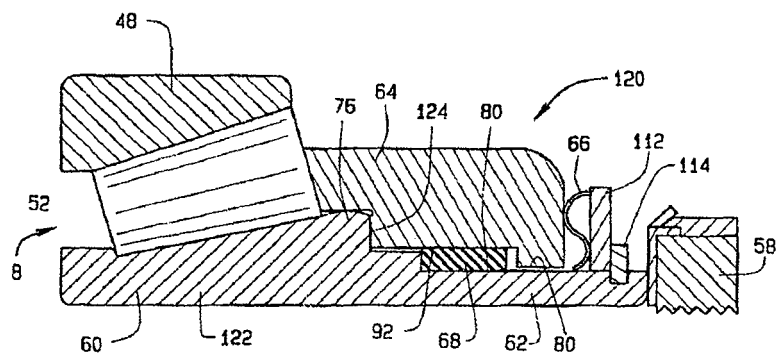


FIG. 7

